

00684.003303



PATENT APPLICATION

2872
26
5-3-2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

MAKOTO OGUSU ET AL.

Application No.: 10/023,689

Filed: December 21, 2002

For: METHOD OF MANUFACTURING)
DIFFRACTIVE OPTICAL
ELEMENT

Examiner: Not Yet Assigned

Group Art Unit: 2872

March 18, 2002

RECEIVED
MAR 23 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

RECEIVED

MAY 01 2002

Technology Center 2600

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicants' claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is
a certified copy of the following foreign application:

JP 2000-389978, filed December 22, 2000.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by

RECEIVED
APR 10 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

Telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicants

Registration No. 48,512

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

NY_MAIN 246399 v 1

CFE 330345 (Y)

389978/2000

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月22日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-389978

[ST.10/C]:

[JP2000-389978]

出 願 人

Applicant(s):

キヤノン株式会社

RECEIVED
MAR 23 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

RECEIVED

MAY 01 2002

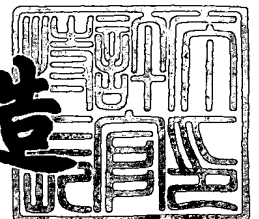
Technology Center 2600

RECEIVED
APR 10 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

2002年 1月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3117224

【書類名】 特許願

【整理番号】 4157111

【提出日】 平成12年12月22日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G03F 1/08
G02B 5/18
G02B 13/00
G02B 3/08
B29C 41/12

【発明の名称】 回折光学素子の製造方法、回折光学素子の製造方法によ
って製造したことを特徴とする回折光学素子製造用金型
、回折光学素子、および該回折光学素子を有する光学系
、光学機器、露光装置、デバイス製造方法、デバイス

【請求項の数】 37

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
キヤノン株式会社内

【氏名】 小楠 誠

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
キヤノン株式会社内

【氏名】 岩崎 裕一

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100105289

【弁理士】

【氏名又は名称】 長尾 達也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038379

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703875

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 回折光学素子の製造方法、回折光学素子の製造方法によって製造したことを特徴とする回折光学素子製造用金型、回折光学素子、および該回折光学素子を有する光学系、光学機器、露光装置、デバイス製造方法、デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上にブレード形状のレジストマスクを形成し、該レジストマスクを用いて前記基板をエッチングすることにより前記基板に前記ブレード形状を転写する段階を有する回折光学素子の製造方法であって、前記エッチングを行なう前に、前記レジストマスクの前記ブレード形状のうちエッジ部に発生したテーパ形状が前記基板に転写されるのを防止する手段を形成する段階を有することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 2】 基板上にブレード形状のレジストマスクを形成し、該レジストマスクを用いて前記基板をエッチングすることにより前記基板に前記ブレード形状を転写する段階を有する回折光学素子の製造方法であって、前記エッチングを行なう前に、前記レジストマスクの前記ブレード形状のエッジに対応する位置に非ブレード形状のマスクを形成する段階を有することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 3】 基板上にブレード形状のレジストマスクを形成し、該レジストマスクを用いて前記基板をエッチングすることにより前記基板に前記ブレード形状を転写する段階を有する回折光学素子の製造方法であって、前記エッチングを行なう前に、前記レジストマスクの前記ブレード形状のエッジに対応する位置に突起部を形成する段階を有することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 4】 マスクパターンを被加工物に転写して回折光学素子を形成する回折光学素子の製造方法において、

前記回折光学素子の垂直部分の形状を、第一のマスクを用いて形成すると共に、前記回折光学素子の斜面部分の形状を、前記第一のマスクで規定された加工領域内に第二のマスクを用いて形成することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 5】前記回折光学素子の垂直部分の形状が、前記第一のマスクのエッジ部を転写することによって形成されることを特徴とする請求項 4 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 6】前記加工領域が、前記第一のマスクのエッジ部の転写によって規定された加工領域であることを特徴とする請求項 5 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 7】前記第一のマスクは、第一の材料と第二の材料の二種類の材料からなり、前記第一の材料で規定された加工領域を加工した後、前記第二の材料で前記加工領域を覆い、その後に前記第一の材料を除去して該部を加工領域として、第一の材料により規定された加工領域を第二の材料によって置き換えることで加工領域を反転させ、回折光学素子を形成することを特徴とする請求項 4 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 8】前記第一の材料と第二の材料は、金属、酸化物、窒化物の少なくとも一つからなることを特徴とする請求項 7 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 9】前記第一の材料と第二の材料において、その一つが酸化クロム膜であり、他の一つがアルミ膜であることを特徴とする請求項 8 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 10】前記第一の材料と第二の材料において、その一つが酸化クロム膜とクロム膜の二層膜でクロム膜を被加工材料側とされており、他の一つがアルミ膜であることを特徴とする請求項 8 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 11】前記第一の材料と第二の材料において、請求項 9 または請求項 10 のいずれかに記載の材料の代わりに窒化シリコンを用いたことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 12】前記加工領域の反転は、エッチバック法、リフトオフ法、ダマシン法、選択デポジション法、のいずれかの方法を用いて行うことを特徴とする請求項 7 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 13】前記第一のマスクは、第一の材料と第二の材料の二種類の材料からなり、前記第一の材料を遮光性材料、第二の材料をネガレジストで形成し

、透光性材料からなる前記被加工物の裏面より光を透過して前記ネガレジストを感光させ、前記第一の材料で規定された加工領域をネガレジストで覆った後にハードベークを行い、第一の材料を除去して加工領域を反転させることを特徴とする請求項 4 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 1 4】前記第一のマスキの第一の材料が、金属膜であることを特徴とする請求項 1 3 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 1 5】前記金属膜は、クロム膜またはアルミ膜であることを特徴とする請求項 1 4 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 1 6】前記第二のマスキが、レジストであることを特徴とする請求項 4 ～ 1 5 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 1 7】前記第二のマスキの形状は、露光光量制御によって形成することを特徴とする請求項 1 6 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 1 8】前記露光光量制御による前記第二のマスキの形状は、前記第一のマスキを露光光に対して不透明な材料、第二のマスキをネガレジストで形成し、レジスト塗布面を表面として透光性材料からなる前記被加工物の裏面より露光光を入射するに際し、該露光光の入射光線を傾けることで形状を制御して形成されることを特徴とする請求項 1 7 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 1 9】前記レジスト表面に反射防止の構造を付加することを特徴とする請求項 1 8 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 0】前記反射防止の構造となる部材はガラス板であることを特徴とする請求項 1 9 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 1】前記被加工物の裏面に、透明なクサビ形状の部材を設け、該クサビ形状の部材を介して露光光を入射させることを特徴とする請求項 1 8 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 2】前記クサビ状の部材は、その頂角 α がブレース角を θ としたとき、

$\alpha = 90^\circ - \theta$ で求まる角度であることを特徴とする請求項 2 1 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 3】前記回折光学素子の垂直部分の形状を、所望の周期に壁状の

突起部を設けた第一のマスクを用いて形成すると共に、前記回折光学素子の斜面部分の形状を、前記第一のマスクの突起部間に設けられた所望形状のレジストパターンからなる第二のマスクを用いて形成することを特徴とする請求項 4 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 4】前記第一のマスクの突起部が、前記被加工物を所望の深さにエッチングして所望周期の壁状突起部を設けることによって形成されることを特徴とする請求項 2 3 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 5】前記レジストパターン、前記突起部、及び前記被加工物を同時にエッチングすることにより、該レジストパターンと該突起部よりなる形状を転写して、直角三角形のブレード形状を前記被加工物上に形成することを特徴とする請求項 2 3 または請求項 2 4 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 6】前記回折光学素子の垂直部分の形状を、所望周期の壁状の溝にエッチングマスクを埋め込んでなる第一のマスクを用いて形成すると共に、前記回折光学素子の斜面部分の形状を、前記エッチングマスク間に設けられた所望形状のレジストパターンからなる第二のマスクを用いて形成することを特徴とする請求項 4 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 7】前記第一のマスクの突起部が、前記被加工物を所望の深さにエッチングすることにより所望周期の壁状溝を形成した後、該溝にエッチングマスクを埋め込んで設けることによって形成されることを特徴とする請求項 2 6 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 8】前記レジストパターンと前記被加工物を同時にエッチングして直角三角形のブレード形状の斜面部分を形成した後、エッチングマスクを除去することにより、該レジストパターンと該エッチングマスクよりなる形状を転写して、直角三角形のブレード形状を前記被加工物上に形成することを特徴とする請求項 2 7 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 2 9】前記壁状の突起部またはエッチングマスクの幅は、150 nm 以下であることを特徴とする請求項 2 3 ～ 2 4 または請求項 2 6 ～ 2 7 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 3 0】前記三角形のブレード形状を有する基板に、反射膜としてク

ロム層、アルミニウム層、石英層を積層することを特徴とする請求項 2 8 または請求項 2 9 に記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 3 1】回折光学素子の製造に用いる回折光学素子製造用金型であって、該金型を請求項 1 ～ 3 0 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子の製造方法によって製造したことを特徴とする回折光学素子製造用金型。

【請求項 3 2】請求項 1 ～ 3 0 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子の製造方法によって製造されたことを特徴とする回折光学素子。

【請求項 3 3】請求項 3 2 に記載の回折光学素子を有することを特徴とする光学系。

【請求項 3 4】請求項 3 3 に記載の光学系を有することを特徴とする光学機器。

【請求項 3 5】請求項 3 4 に記載の光学系を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 3 6】請求項 3 5 に記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 3 7】請求項 3 6 に記載のデバイス製造方法によって製造されたことを特徴とするデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回折光学素子の製造方法、回折光学素子の製造方法によって製造したことを特徴とする回折光学素子製造用金型、回折光学素子、および該回折光学素子を有する光学系、光学機器、露光装置、デバイス製造方法、デバイスに関し、特に、断面がブレード形状に形成された回折光学素子等の製造法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、断面がブレード（鋸歯）形状によって構成されている回折光学素子の製造方法としては、つぎのようなものが知られている。

a. 特開平 5 - 2 2 4 3 9 8 号公報には、基板上に光露光技術によりマスク露光時に解像不可能な細かい間隔でもって交互に配置された開口部及び遮光部の集合体が、解像可能な間隔でもって配置されてなる光の透過率を可変とする、透過率制御型のマスクを用いてレジストパターンを一回の露光によって所望のブレース形状に形成し、このレジストパターンを回折素子とする技術が開示されている。

b. 特開昭 6 1 - 2 7 5 0 5 号公報には、回折光学素子となる基板上に電子ビームを照射しレジストをブレース形状に形成した後、反応性イオンエッチング等によりレジスト及び基板をエッチングして所望のブレース形状を設けた回折素子とする技術が開示されている。

c. 特開昭 6 3 - 1 6 8 6 0 1 号公報には、基板上にフォトリソグラフィ技術により周期的に突起状のエッチストップ層を設けた後、ポリイミドを塗布してエッチストップ層間を埋め込み、続いてエッチストップ層の高さまでエッチバックした後、斜め方向よりイオンミリングを行いブレース形状を形成し、その上に反射層を形成して反射型回折格子とする技術が開示されている。

【 0 0 0 3 】

このように、断面ブレース形状を有する回折光学素子または金型は、半導体製造技術で用いられている露光、エッチング技術に基づくリソグラフィ技術によって製造されており、パターニングしたレジストパターン形状エラーが発生しなければ、理想的なブレース形状を形成することが出来る。

【 0 0 0 4 】

例えば、上記の様な断面鋸歯状の溝によって構成されている回折格子すなわちブレース格子は、断面形状がブレース条件を満足するような鋸歯状になっている場合にこのブレース条件によって決定される特定次数の回折光へ光を集中させるという特徴を有しており、光を特定方向へ効率よく回折させることができるために、分光器や光情報処理装置、光学系等において極めて有用である。

【 0 0 0 5 】

なお、上記ブレース条件は、図 5 に示す様に鋸歯状溝の傾き（ブレース角）を θ 、溝の周期を w 、入射光の波長を λ 、回折光学素子の屈折率を n とすると次式で表せる。

$$\tan \theta = \lambda / \{ W \times (n - 1) \}$$

また、上述のように回折光学素子は基板上に形成したブレード形状によって光学的性能が発揮されるので、その光学的性能、特に回折効率、形成したブレード形状、即ち断面形状により左右される。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来例等においては、つぎのような問題を有している。例えば、上記従来例 a の透過率可変マスクを用いた一括露光による方法では、レジストパターンでブレードの斜面と位相不連続部の形状を高精度に形成することが困難であった。これまで従来技術のように格子ピッチが緩い場合には問題とされないエラーも、格子ピッチが細くなった場合には無視できないものとなるからである。

【 0 0 0 7 】

また、上記従来例 a の方法で製造された回折素子は、レジストを回折素子としているため、柔らかくて耐久性がなく、また透過型の回折素子として用いるには有機物であるレジストの透過率が可視光より波長の短い光に対し悪いため実用性がない点等にも問題を有している。すなわち、図 1 3 は従来例 a のブレード形状の回折素子の製造工程の断面図を示すものである。これによると、図 1 3 の工程 (1) において、基板 8 0 上にレジスト膜 8 1 を形成する。図 1 3 の工程 (2) において、露光装置に基板 8 0 を装着し、透過率制御型マスク 8 2 によって露光 8 3 の露光量を周期的に変化させながらレジスト 8 1 を露光する。ポジタイプのレジストを用いた場合は、露光した領域は現像液に可溶となるので、図 1 3 の工程 (3) に示すように、現像により所望のブレード形状のレジストパターン 8 4 が形成され、表面に所望のブレード形状回折素子が形成された基板 8 0 を得る。

【 0 0 0 8 】

したがって、このような方法で製造された回折素子は、レジストを回折素子としているため柔らかくて耐久性がなく、また透過型の回折素子として用いるには有機物であるレジストの透過率が可視光より波長の短い光に対し悪いため、実用

性の点等に問題を有している。

【 0 0 0 9 】

また、上記従来例 b による電子ビーム描画の場合には、ブレード形状のレジストパターンを形成する時、理想形状に対するレジストパターンの形状エラーは光を用いた露光技術に比べて一般に小さくなるが、膨大な描画量となるために、生産上十分なスループットが得られないという点において問題である。これは素子サイズが大きくなった際に作業時間が現実的な範囲に収まらないという課題につながる。

【 0 0 1 0 】

また、従来例 c では、ブレード形状の斜面部分を形成するためにイオンミリングにより一括で斜面を形成するので、回折素子全体にわたって一様なブレード角しか必要としない等周期回折素子の場合には、ブレード化が可能であるが、回折作用と集光作用とを併せ持つ不等周期回折素子の場合には、それぞれの溝において最適なブレード角が異なるために、この方法によるブレード化が極めて困難である。また、この方法による場合、エッチング装置が大型化するのみならず大面積のエッチングが困難である。したがって小面積の基板しか加工できず、回折格子を複数個一括で作製する際にも効率が悪く、また、これらの従来技術では一様なピッチ以外は作製が非常に困難になるため、作製された素子の適用範囲が狭いといった問題があった。

【 0 0 1 1 】

また、上述の従来例で説明したような、ブレード形状のレジストパターンそのものまたはレジストパターンを転写マスクとして使用する回折光学素子等の製造技術では、レジストパターン形状による誤差が回折光学素子の光学性能、特に回折効率を著しく劣化させることとなる。レジストパターン形状エラーを完全になくすことは不可能であり、例えば、光露光技術において透過率制御型のマスクを用いた場合、露光波長 248 nm、開口数 0.60 の投影系とレジストに SAL 601 (430 nm t) に透過率が 11 水準の透過率制御型マスクという条件では、図 14 に計算例を示すようにブレード形状、即ち直角三角形のレジストパターンを理想的な形状に形成することは困難である。更にこのような形状エラーは

、一旦形成すると修正が不可能なためにコスト上昇を招く。

【0012】

このようにレジストパターンの形状エラーを完全に無くすことは不可能なため、例えば図12に示すように理想形状Aと、理想形状Aと異なる形状B、すなわち図12に示すエラー形状Bのような回折光学素子が形成されてしまう。これによって、回折効率等の光学性能は大幅に低下する。われわれは、ブレード形状を作製する場合に図12のエラー形状Bに示すように垂直部分が傾くエラー（x）とブレード面が空間的に途切れる不連続面（y）のエラー量を定義して、つぎのような検討を行った。

【0013】

一例として、基板として SiO_2 を用い、周期Wが $2.80\mu\text{m}$ 、深さが 427nm 、使用波長 248nm で、形状Aに示す様に理想的なブレード形状が形成された場合には、反射による損失を含めてWCRT理論による回折効率は 88.57% である。これに対して、例えばブレード形状エラーを理想形状である形状Aからのずれ量として形状Bのxおよびyとして表わし、 $x=y=200\text{nm}$ の場合、反射も考慮した回折効率は 78.05% となって 10.52% の低下となり、実際の測定結果とシミュレーション結果においても同様の結果が確認されている。

【0014】

上述の図14の場合、形状エラー量は $x=160\text{nm}$ 、 $y=315\text{nm}$ であり、これがそのまま転写されて回折パターンになったとすると回折効率は、 80% 以下と推定できる。

更に、上述の形状エラー量xおよびyが回折効率に与える影響は、 $x=200\text{nm}$ 、 $y=0\text{nm}$ の時、反射による損失を含めた理論回折効率は 81.95% 。同様に $x=0\text{nm}$ 、 $y=200\text{nm}$ の時、反射による損失を含めた理論回折効率は 87.50% となる。同じエラー量であるが、理論回折効率に 5.55% もの差が生じている。形状エラー量x、yを $0\sim250\text{nm}$ で変化させた時の理論回折効率を表1にまとめた。

従って、ブレード形状よりなる回折光学素子において光学性能、特に回折効率に

与える影響は、形状エラー量 x 、即ちブレード形状の垂直部分の形状エラーによるものがより大きく、問題である。

【0015】

【表1】

ブレード形状エラーによる回折効率の変化

エラー量 [nm]		x				
		0	100	150	200	250
y	0	88.57	86.76	84.68	81.95	78.72
	100	88.26	85.70	83.24	80.14	76.56
	150	87.93	85.05	82.42	79.15	75.39
	200	87.50	84.31	81.51	78.05	74.11
	250	86.97	83.46	80.46	76.80	72.69

そこで、本発明は、上記課題を解決し、高精度な回折光学素子を形成することができ、短時間かつ低価格で安定して製造可能な回折光学素子の製造方法、回折光学素子の製造方法によって製造したことを特徴とする回折光学素子製造用金型、回折光学素子、および該回折光学素子を有する光学系、光学機器、露光装置、デバイス製造方法、デバイスを提供することを目的とするものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を達成するために、つぎの(1)～(37)のように構成した回折光学素子の製造方法、回折光学素子の製造方法によって製造したことを特徴とする回折光学素子製造用金型、回折光学素子、および該回折光学素子を有する光学系、光学機器、露光装置、デバイス製造方法、デバイスを提供するものである。

(1) 基板上にブレード形状のレジストマスクを形成し、該レジストマスクを用いて前記基板をエッチングすることにより前記基板に前記ブレード形状を転写する段階を有する回折光学素子の製造方法であって、前記エッチングを行なう

前に、前記レジストマスクの前記ブレーズド形状のうちエッジ部に発生したテーパー形状が前記基板に転写されるのを防止する手段を形成する段階を有することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(2) 基板上にブレーズド形状のレジストマスクを形成し、該レジストマスクを用いて前記基板をエッチングすることにより前記基板に前記ブレーズド形状を転写する段階を有する回折光学素子の製造方法であって、前記エッチングを行なう前に、前記レジストマスクの前記ブレーズド形状のエッジに対応する位置に非ブレーズド形状のマスクを形成する段階を有することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(3) 基板上にブレーズド形状のレジストマスクを形成し、該レジストマスクを用いて前記基板をエッチングすることにより前記基板に前記ブレーズド形状を転写する段階を有する回折光学素子の製造方法であって、前記エッチングを行なう前に、前記レジストマスクの前記ブレーズド形状のエッジに対応する位置に突起部を形成する段階を有することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(4) マスクパターンを被加工物に転写して回折光学素子を形成する回折光学素子の製造方法において、

前記回折光学素子の垂直部分の形状を、第一のマスクを用いて形成すると共に、前記回折光学素子の斜面部分の形状を、前記第一のマスクで規定された加工領域内に第二のマスクを用いて形成することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(5) 前記回折光学素子の垂直部分の形状が、前記第一のマスクのエッジ部を転写することによって形成されることを特徴とする上記(4)に記載の回折光学素子の製造方法。

(6) 前記加工領域が、前記第一のマスクのエッジ部の転写によって規定された加工領域であることを特徴とする上記(5)に記載の回折光学素子の製造方法。

(7) 前記第一のマスクは、第一の材料と第二の材料の二種類の材料からなり、前記第一の材料で規定された加工領域を加工した後、前記第二の材料で前記加工領域を覆い、その後に前記第一の材料を除去して該部を加工領域として、第一の材料により規定された加工領域を第二の材料によって置き換えることで加工領域

を反転させ、回折光学素子を形成することを特徴とする上記（４）～（６）のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

（８）前記第一の材料と第二の材料は、金属、酸化物、窒化物の少なくとも一つからなることを特徴とする上記（７）に記載の回折光学素子の製造方法。

（９）前記第一の材料と第二の材料において、その一つが酸化クロム膜であり、他の一つがアルミ膜であることを特徴とする上記（８）に記載の回折光学素子の製造方法。

（１０）前記第一の材料と第二の材料において、その一つが酸化クロム膜とクロム膜の二層膜でクロム膜を被加工材料側とされており、他の一つがアルミ膜であることを特徴とする上記（８）に記載の回折光学素子の製造方法。

（１１）前記第一の材料と第二の材料において、上記（９）または上記（１０）のいずれかに記載の材料の代わりに窒化シリコンを用いたことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

（１２）前記加工領域の反転は、エッチバック法、リフトオフ法、ダマシン法、選択デポジション法、のいずれかの方法を用いて行うことを特徴とする上記（７）～（１１）のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

（１３）前記第一のマスクは、第一の材料と第二の材料の二種類の材料からなり、前記第一の材料を遮光性材料、第二の材料をネガレジストで形成し、透光性材料からなる前記被加工物の裏面より光を透過して前記ネガレジストを感光させ、前記第一の材料で規定された加工領域をネガレジストで覆った後にハードベークを行い、第一の材料を除去して加工領域を反転させることを特徴とする上記（４）～（６）のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

（１４）前記第一のマスクの第一の材料が、金属膜であることを特徴とする上記（１３）に記載の回折光学素子の製造方法。

（１５）前記金属膜は、クロム膜またはアルミ膜であることを特徴とする上記（１４）に記載の回折光学素子の製造方法。

（１６）前記第二のマスクが、レジストであることを特徴とする上記（４）～（１５）のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

（１７）前記第二のマスクの形状は、露光光量制御によって形成することを特徴

とする上記（１６）に記載の回折光学素子の製造方法。

（１８）前記露光光量制御による前記第二のマスクの形状は、前記第一のマスクを露光光に対して不透明な材料、第二のマスクをネガレジストで形成し、レジスト塗布面を表面として透光性材料からなる前記被加工物の裏面より露光光を入射するに際し、該露光光の入射光線を傾けることで形状を制御して形成されることを特徴とする上記（１７）に記載の回折光学素子の製造方法。

（１９）前記レジスト表面に反射防止の構造を付加することを特徴とする上記（１８）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２０）前記反射防止の構造となる部材はガラス板であることを特徴とする上記（１９）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２１）前記被加工物の裏面に、透明なクサビ形状の部材を設け、該クサビ形状の部材を介して露光光を入射させることを特徴とする上記（１８）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２２）前記クサビ状の部材は、その頂角 α がブレース角を θ としたとき、 $\alpha = 90^\circ - \theta$ で求まる角度であることを特徴とする上記（２１）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２３）前記回折光学素子の垂直部分の形状を、所望の周期に壁状の突起部を設けた第一のマスクを用いて形成すると共に、前記回折光学素子の斜面部分の形状を、前記第一のマスクの突起部間に設けられた所望形状のレジストパターンからなる第二のマスクを用いて形成することを特徴とする上記（４）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２４）前記第一のマスクの突起部が、前記被加工物を所望の深さにエッチングして所望周期の壁状突起部を設けることによって形成されることを特徴とする上記（２３）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２５）前記レジストパターン、前記突起部、及び前記被加工物を同時にエッチングすることにより、該レジストパターンと該突起部よりなる形状を転写して、直角三角形のブレース形状を前記被加工物上に形成することを特徴とする上記（２３）または上記（２４）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２６）前記回折光学素子の垂直部分の形状を、所望周期の壁状の溝にエッチン

グマスクを埋め込んでなる第一のマスクを用いて形成すると共に、前記回折光学素子の斜面部分の形状を、前記エッチングマスク間に設けられた所望形状のレジストパターンからなる第二のマスクを用いて形成することを特徴とする

上記（４）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２７）前記第一のマスクの突起部が、前記被加工物を所望の深さにエッチングすることにより所望周期の壁状溝を形成した後、該溝にエッチングマスクを埋め込んで設けることによって形成されることを特徴とする上記（２６）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２８）前記レジストパターンと前記被加工物を同時にエッチングして直角三角形のブレード形状の斜面部分を形成した後、エッチングマスクを除去することにより、該レジストパターンと該エッチングマスクよりなる形状を転写して、直角三角形のブレード形状を前記被加工物上に形成することを特徴とする

上記（２７）に記載の回折光学素子の製造方法。

（２９）前記壁状の突起部またはエッチングマスクの幅は、 150 nm 以下であることを特徴とする上記（２３）～（２４）または上記（２６）～（２７）に記載の回折光学素子の製造方法。

（３０）前記三角形のブレード形状を有する基板に、反射膜としてクロム層、アルミニウム層、石英層を積層することを特徴とする上記（２８）または上記（２９）に記載の回折光学素子の製造方法。

（３１）回折光学素子の製造に用いる回折光学素子製造用金型であって、該金型を上記（１）～（３０）のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法によって製造したことを特徴とする回折光学素子製造用金型。

（３２）上記（１）～（３０）のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法によって製造されたことを特徴とする回折光学素子。

（３３）上記（３２）に記載の回折光学素子を有することを特徴とする光学系。

（３４）上記（３３）に記載の光学系を有することを特徴とする光学機器。

（３５）上記（３４）に記載の光学系を有することを特徴とする露光装置。

（３６）上記（３５）に記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

(37) 上記(36)に記載のデバイス製造方法によって製造されたことを特徴とするデバイス。

【0017】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態においては、上記構成を適用して、例えばブレード回折格子を製造する際に、上記したマスクによってブレード形状の斜めの形状と垂直形状を良好に被加工材料に転写することができる。すなわち、第1のマスクで加工領域を限定しているため、ブレード形状の垂直部は第1のマスクのエッジが転写されて垂直性が保たれる。したがって加工されるブレード格子の形状はレジストパターンの垂直性に影響されない(図12中x)。また第1のマスクと第2のマスクをパターン露光時のアライメントエラー程度に重ねることにより、ブレードの不連続部(図12中y)を無くすることができる。

また、上記した構成の材料を用いて垂直形状を転写するマスクを構成し、かつ両者を自己整合的に形成することにより位置あわせの誤差を生じさすことなく、良好なブレード格子を製造することができる。すなわち、二種類の材料ですき間無く交互に加工領域を形成することができるため、ブレード形状を連続的に切れ目無く形成できる。

また、上記した構成により、ブレード面の形状を転写するためのマスクをレジストとすることで、形状の制御と転写性が良好なブレード格子の製造をすることができる。

また、上記した構成により、第一のマスクを不透明材料、第二のマスクをレジストとして、基板背面から露光光を入射して第二のマスク形状を制御することにより、ブレード面の端と垂直部を決める第一のマスクのエッジを一致させることができ、回折効率を低下させるパターン形状エラーy(図12中y)の発生をなくすることができる。

また、上記した構成により、基板背面より光を入射する際に、レジスト表面に反射防止機構を設けるようにすることにより、レジスト表面での反射によって転写すべき第二のマスク形状の乱れを無くすることができる。

また、上記した構成により、基板背面より光を入射する際に、基板裏面にクサビ

状の部材を密着するようにすることにより、使用波長を短くすることができ、結果としてブレイズ角が小さくなった場合にも全反射に阻まれることなく、所望の角度で基板内部に光を入射させることが可能となる。

また、上記構成を用いて良好な光学性能を有する回折光学素子、および該回折光学素子を用いた光学系、および該光学系を用いた半導体露光装置を提供することができる。

また、上記した構成を適用して、基板を所定の深さエッチングして回折パターンの垂直部分に当たる位置に壁状の突起部を形成した後、該突起部間に回折パターンの斜面部分と相似形のレジストパターンを形成し、

または、基板を所定の深さエッチングして回折パターンの垂直部分に当たる位置に壁状の溝を形成し、該基板上に金属等その後のエッチングで基板と選択比のある材料を成膜し、エッチバック法または化学的機械的研磨（CMP）法で該溝を埋め込みエッチングマスクを形成した後、該エッチングマスク間に回折パターンの斜面部分と相似形のレジストパターンを形成することにより、

回折パターンの垂直部分と斜面部分が構造物とレジストパターンで別々に形成されるため、レジストパターンのみで回折パターンを形成する時のような形状エラーが減少し、特に垂直部分はより垂直に形成できる。

また、回折パターンの垂直部分と斜面部分が構造物とレジストパターンで別々に形成するようにされているため、光露光技術が利用できるようになり、生産上十分なスループットを得ることが可能となる。

【 0 0 1 8 】

【実施例】

以下に、本発明の実施例について説明する。

〔実施例 1〕

図 1 は本発明の実施例 1 における製造工程を示す断面図である。図 1 において 1 は石英、2 はクロム膜、3 はレジスト、4 はマスク、5 は露光光、6 はグレー-tonマスク、7 はイオンビーム、8 はアルミ膜である。

まず、石英基板 1 には第 1 のマスクで第 1 の材料であるクロム膜 2 を成膜する。その上にレジスト 3 を塗布する。そこでマスク 4 のパターンを露光光によってレ

ジストに転写する（図 1 a）。

レジストパターンをマスクにクロム膜をエッチングする（図 1 b）。

クロム膜 2 がエッチングされた後にレジストを剥離する。これで石英 1 をエッチングする際にはクロム膜 2 と選択比が十分に取れるエッチング条件を用いることで、クロム膜 2 の開口部として加工領域が限定される。

【 0 0 1 9 】

クロム膜をエッチングする条件はガスに $\text{CCl}_4 + \text{CO}_2$ を用いたものが、Y. Suzuki, T. Yamazaki and H. Nakata, Jpn. J. Appl. Phys. 21, 1328 (1982) に報告されている。再度レジストを塗付した後、グレートンマスク 6 によって露光を行う。このときグレートンマスク 6 によって露光する部分はクロム膜 4 がエッチングされた開口部に位置合わせしている。また露光光量に変化している部分のエッジは石英基板 1 上に残っているクロム膜のエッジに僅かに重なるよう設計されており、クロム膜 2 の開口部の幅より太い。その幅はアライメントエラーを考慮したものである、クロム膜 2 の開口部に比べアライメントエラーの二倍の量だけ太い。ここでは図の表現上段階的にマスクの透過率に変化しているようになっているが、実際には細かく制御できるため光量の分布は滑らかである。

【 0 0 2 0 】

ここで用いたポジレジストは光量に応じて残る膜厚が変化するため、出来上がるレジストパターンは図 1 e に示す通りブレーズ形状になる。これが第 2 のマスクとなり、第 2 のマスクであるレジストパターンの形状が第 1 のマスクの開口部をエッチングした際に底面形状として転写される。これを上部からの異方性ドライエッチングを用いて石英基板 1 に転写する（図 1 f. g）。

ここでは説明のためレジストと石英の選択比は 1 : 1 を想定して図を示した。これらはエッチング条件によって変わるものであり、また転写したいブレーズ角によっては選択比が 1 : 1 以外が良い場合もある。例えば、ブレーズ角が非常に小さい場合にはブレーズ形状にあわせてレジストを薄くするよりも選択比を変えて、レジスト形状が深さ方向には縮小されて転写されるエッチング条件をもとめた方が作業が容易になる。

【 0 0 2 1 】

次に電子ビーム蒸着法を用いて、残存するクロム膜 2 を覆う程度の厚さに、第 2 の材料としてアルミ膜 8 を形成し、CMP（化学的機械的研磨法）によって残存するクロム膜 2 の表面と高さが揃うまで研磨する。これは半導体製造工程では一般にダマシン法と呼ばれる手法である。ここでは CMP を用いたが、エッチバックによってクロム膜 2 とアルミ膜 8 の表面高さを揃えても構わない。またポジレジストを塗布し、石英基板 1 の背面より露光光を照射することで残存するクロム膜 2 上にレジストパターンを形成した後にアルミ膜 8 を成膜する。こののち、リフトオフの手法によってレジストパターンをその表面に成膜されたアルミ膜ごと除去しても構わない。アルミ膜 8 が埋め込まれた後、クロム膜 2 を除去すると加工領域が反転し、これまで加工されなかった部分が加工領域となる（図 1 i）。

【 0 0 2 2 】

このように、二種類の材料によって第 1 のマスクを形成することで、形状が連続的でエラーが発生しない。アルミ膜 8 によって加工領域が限定された後は第 1 のマスクがクロム膜 2 で構成された時と同様の工程を繰り返すことでブレード形状がアルミ膜 8 の間に形成される。最期にアルミ膜 8 を除去することで所望のブレード格子が得られる。

さらに、本実施例では第一のマスクの第一の材料にクロム膜を用いたが、クロム膜の表面に酸化クロム膜を成膜するとリソグラフィ工程において反射防止の効果が得られる。酸化クロム膜とクロム膜の二重構成でも実施したところ、リソグラフィ工程でのパターン形成が良好な結果を示した。

【 0 0 2 3 】

また、本方法によれば、エッチングされた形状の垂直部は第一のマスクのエッジが形成し、ブレード格子の斜面は第 2 のマスクの形状が転写される。このため、第 2 のマスクとして用いたレジストパターン形成時には、ブレード形状を出す階調性のみを重視すれば良い。

ここでは簡単のため、一様なピッチの格子をモデルに説明したが、本方法によればピッチは任意に設計することができ、また二次元的にも格子パターンを自由に

設計することができる。

【0024】

〔実施例2〕

窒化シリコンをマスクに石英をエッチングするには CF_4 のガスに添加ガスとして $\text{O}_2\text{CF}_3\text{Br}$ を用いると選択比が向上するとF. H. M. Sanders, J. Dieleman, H. J. B. Peters and J. A. M. Sanders, J. Electrochem. Soc., 129, 2559 (1982)に開示されている。

【0025】

そこで、実施例2においては、実施例1で用いた第一のマスク材料のクロム膜とアルミ膜、酸化クロム膜とクロム膜の二層膜のいずれかの代わりに、窒化シリコンを用いた。このように窒化シリコンを用いても良好な特性が得られ、本発明を実施することができた。

【0026】

〔実施例3〕

本発明の実施例3としては、実施例1で用いた第一のマスクのうち、第一の材料にはクロム膜、酸化クロム膜とクロム膜の二層膜、アルミ膜のいずれかを用いて、第二の材料にはネガレジストを用いた。第一の開口部の加工が完了した後に、第一の材料の開口部をネガレジストで埋めた。ネガレジストを塗付した後に、石英の裏面より露光光を照射した。第一の材料はいずれも露光光に対して遮光性を示すため、開口部のレジストのみ感光して現像後に残る。これをハードベークすると再度レジストを塗布してリソグラフィ工程を行う際にもレジスト同士でミキシングが起こること無くプロセスを進めることができた。

【0027】

〔実施例4〕

本発明の実施例4の製造工程を図2に示す。図2において、実施例1と同様に石英基板1の表面にクロム膜2を成膜する。クロム膜2の表面にレジストを塗布し、第1のマスクとなるパターンを露光する。出来上がったレジストパターンをマスクにクロム膜2をエッチングし、加工領域を規定するクロム膜2ができあが

る（図 2 c）。

次にネガレジストを石英基板 1 の表面に塗布し、石英基板 1 の背面より斜めに露光光を入射する。ネガレジストは感光した部分が現像後に残るので、斜めに露光した後に出来上がるパターンは図 2 e に示すように斜めに傾いたレジストパターンとなる。

【 0 0 2 8 】

ここで出来上がるレジストパターンが第 2 のマスクとなる。さらにレジストパターンの側面の傾きは第 2 のマスク形状としてエッチング底面に転写される形状である。ここで、深さ方向に転写される倍率はエッチング条件によって変わるため、所望のブレイズ角度にエッチングの選択比を考慮した角度でレジストパターンを形成する。ここでは簡単に選択比が 1 の場合を図示した。クロム膜 2 で規定された加工領域全面に第 2 のマスクであるレジスト形状が転写された状態が図 2 g である。ここで実施例 1 と同様に残存するクロム膜 2 の間に CMP 法等を用いてアルミ膜 8 を埋め込んだ後に、クロム膜 2 を除去する。これにより加工領域がすき間無く反転する。

【 0 0 2 9 】

アルミ膜 8 で加工領域が規定された後は第一のマスクがクロム膜 2 であった場合と同様の工程を実施することで、アルミ膜 8 の間にブレイズ形状を形成することができる。最後にアルミ膜 8 を完全に除去することで所望のブレイズ格子を得ることができる。また作製すべきブレイズ格子の使用波長が短く、ブレイズ角が小さくなる場合には、図 3 a に示すようにレジスト表面で露光光が反射してレジスト形状が劣化する場合がある（図 3 b）。この場合には図 3 c に示すようにレジスト表面に屈折率がレジストのそれに近い材料を反射防止部材 1 1 として密着させて露光作業を行う。屈折率としてはレジストの屈折率に対して $\pm 10\%$ 程度であれば界面での反射もかなり抑えられるため、有効である。

【 0 0 3 0 】

また本実施例では基板裏面より露光光を入射するため、図 4 a に示すように裏面界面でスネルの法則により露光光が屈折してしまう。大気中より媒質中に入射するために必ず石英基板 1 の表面に対して光がレジストへ入射する角度、すなわ

ちブレード角を決める角度が大きくなってしまう。また屈折を考慮して過度に基板と平行に近い形で露光光を入射すると全反射によって十分な光量がレジストに到達しない。

【 0 0 3 1 】

したがって、本実施例で小さいブレード角を作製したい場合には、図 4 b に示すように、クサビ状のガラスを石英基板裏面に密着し、クサビを通して露光光を入射する。クサビの頂角は入射する露光光線にたいして表面が略垂直になるように設定すればよい。その際のクサビの頂角は簡単に求められて 90° からブレード角を差し引いたものとなる。

【 0 0 3 2 】

〔実施例 5〕

図 6 は実施例 5 として、所望の周期に壁状の突起部を形成する方法の直角三角形ブレード形状回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図 6 の工程 (1) において、石英基板 1 0 上にポジレジスト 1 1 を塗布した後に、図 6 の工程 (2) において、露光光に 248 nm の波長のステッパと位相シフトレチクルを用いて、直角三角形より成るブレード形状の回折パターンの垂直部分に当たる所望の位置に 100 nm 幅のレジストパターン 1 2 を形成する。図 6 の工程 (3) において、 CHF_3 ガスを流量 12.6 sccm 、RF パワーを 200 W 、圧力を 4 Pa の条件で反応性イオンエッチング (RIE) 法により、石英基板 1 0 を 427 nm の深さエッチングして、突起部 1 3 を形成する。次に、基板 1 0 上にポジレジストを 427 nm の厚さに塗布した後、図 6 の工程 (4) において、露光光に 248 nm の波長のステッパと透過率制御レチクルを用いて、突起部 1 3 間に直角三角形より成るブレード形状回折パターンの斜面部分と同じ角度を持ったレジストパターン 1 4 を形成する。ここまでの工程で、突起部 1 3 とレジストパターン 1 4 により突起部 1 3 の幅による差違以外は形成したい回折パターンと同じ形状の構造が基板 1 0 上に形成される。また、異方性の RIE 法により形成する突起部の側壁角度は、前記条件にて約 88° で形成でき、前述の形状エラー量 x はおよそ 20 nm 以下と見積もることが出来る。また、この工程でのレジストパターニングの露光量は、通常よりわずかに少なくする。これにより、図 1 2 で示した

斜面部のレジスト形状エラーが低減される。

【0033】

続いて、図6の工程(5)において、 CF_4 と水素の混合ガスをそれぞれ流量21sccm、3sccm、RFパワーを90W、圧力を4Paの条件で反応性イオンエッチング(RIE)法により、突起部13とレジストパターン14を同時にそれぞれがなくなるまでエッチングすると、図6の工程(6)に示すような断面が直角三角形のブレード形状回折光学素子が完成する。ここで、図6の工程(5)で用いたRIEエッチング条件は、基板材料である石英とレジストの選択比が1.0になるように調節され、図6の工程(4)において形成された突起部13とレジストパターン14より成る形状がそのまま基板10上に転写される。

【0034】

このようにして完成した、最小周期が $2.80\mu\text{m}$ 、深さが 427nm の回折光学素子は、理想形状からの形状エラーの少ない、高精度な直角三角形ブレード形状の構造を有する不等周期回折光学素子として実現できる。

【0035】

[実施例6]

図7は実施例6として、所望の周期に壁状の溝を形成する方法の直角三角形ブレード形状回折光学素子の製造工程の断面図を示す。図7の工程(1)において、石英基板20上に所望の回折パターンの垂直部分の位置に 150nm 幅の開口部を有するレジストパターン21を形成した後、図7の工程(2)において、 CHF_3 と水素の混合ガスを用いて反応性イオンエッチング(RIE)法により、石英基板20を 427nm の深さエッチングして、壁状の溝22を形成する。次に、石英基板20上にスパッタリング法を用いてAl膜を溝22が埋め込まれるように $500\sim 1000\text{nm}$ の厚さに形成した後、図7の工程(3)において、化学的機械的研磨(CMP)法により石英基板20の表面が露出するまでAl膜を除去し、壁状のエッチングマスク23が形成される。ここまでの工程で所望の直角三角形回折パターンの垂直部分が形成される。

【0036】

続いて、基板20上にポジレジストを $400\sim 500\text{nm}$ の厚さに塗布した後

、図 7 の工程 (4) において、露光光に 248 nm の波長のステッパと透過率制御レチクルを用いて、エッチングマスク部 23 間に直角三角形より成るブレース形状回折パターンの斜面部分と同じ角度を持ったレジストパターン 24 を形成する。ここまでの工程で、溝部 23 が所望の回折パターンの垂直部分、レジストパターン 24 が斜面部分を構成し、溝部 23 の幅による差違以外は形成したい回折パターンと同じ形状の構造が垂直部分と斜面部分に分かれて基板 10 上に形成される。

【 0 0 3 7 】

次に、 CF_4 と水素の混合ガスをそれぞれ流量 21 sccm、3 sccm、R F パワーを 90 W、圧力を 4 Pa の条件で反応性イオンエッチング (RIE) 法により、レジストパターン 24 がなくなるまでエッチングした後、Al のエッチングマスク 23 を磷酸と硝酸と酢酸と水の混合液から成るエッチング液にて除去すると、図 7 の工程 (5) に示すような断面が直角三角形のブレース形状回折光学素子が完成する。ここで、図 7 の工程 (4) から (5) にかけて用いた RIE エッチング条件は、基板材料である石英とレジストの選択比が 1.0、石英と Al の選択比は出来るだけ大きくなるように調節され、図 7 の工程 (2) において形成された溝部 22 とレジストパターン 24 より成る形状が合成されて基板 10 上に転写される。

【 0 0 3 8 】

このようにして完成した、最小周期が $2.80 \mu m$ 、深さが 427 nm の回折光学素子は、理想形状からの形状エラーの少ない、高精度な直角三角形ブレース形状の構造を有する不等周期回折光学素子として実現できる。

なお、実施例 5 および実施例 6 における壁状の突起部または溝は 100 及び 150 nm としたが、更なる高精度化に対して、突起部または溝の形成に用いるレジストパターン形成に用いる露光技術は、出来るだけ微細なパターン形成が出来る露光技術が望ましく、露光光は紫外や遠紫外に限らず、電子ビームや X 線、またはその他の露光技術を用いても良い。

【 0 0 3 9 】

また、実施例 5 および実施例 6 において、基板をエッチングして壁状の突起部

または溝を形成するエッチング方法及び条件は、エッチング後の形状が矩形となるものを適宜選択する。また、レジストをエッチングして斜面部分を形成するエッチング方法及び条件は、基板に対するレジストのエッチング選択比が0.5～5.0の範囲に有ることが望ましい。

もちろん、この選択比とレジストの厚さ及び所望の深さの組み合わせにより適宜条件を選択する。

【0040】

また、実施例5および実施例6において、斜面部分形成のためのレジストパターンの露光に用いる透過率制御型マスクは、遮光部の金属、一般にはクロム膜の厚さを変える方法、または用いる露光技術で解像不可能な微細なラインやドットの開口部と遮光部を設けその幅を変化させる方法等により、露光光の透過率を制御するものである。

【0041】

また、実施例5および実施例6において、突起部または溝と斜面部分形成のレジストパターン露光時には位置合わせが必要であり、この時アライメントエラーが生じるが、現在利用可能な露光技術においては100nm以下、最新の値では50nm以下のアライメント精度が得られており、突起部または溝の幅によってこの位置ずれが吸収されるため、形状エラーが生じることはない。

【0042】

また、実施例5および実施例6において基板は透過型だけでなく、反射型または金型の使用目的に合わせて材質を適宜選択することが出来る。

更に、エッチングマスク材料の成膜方法は、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンビームスパッタリング法、イオンプレーティング法、CVD法、電子ビーム法等を用いても良い。

また、実施例5および実施例6において作成した回折光学素子の基板両面には、必要に応じて使用目的に合わせた反射防止膜を形成することが出来る。

【0043】

〔実施例7〕

図8は実施例7として、反射型回折光学素子の断面図を示す。実施例5および

実施例 6 で作製した直角三角形ブレード形状の構造を有する基板 6 1 に、反射膜としてクロム層 6 2 とアルミニウム層 6 3 と石英層 6 4 を電子ビーム蒸着法等により積層する。クロム層 6 2 は基板 6 1 との密着性を向上する機能を有し、アルミニウム層 6 3 は反射膜で、石英層 6 4 は保護膜機能を有する。基板材料には珪素や石英などを使用し、反射膜層の材料および積層構成は、使用する波長や環境に応じて各層の作用を十分発揮するものを選択する。このようにして、理想形状からの形状エラーの少ない、高精度な直角三角形ブレード形状の構造を有する反射型の不等周期回折光学素子が実現できる。

【 0 0 4 4 】

〔実施例 8〕

図 9 は実施例 8 の回折光学素子の断面図を示す。実施例 5 および実施例 6 で作成した直角三角形ブレード形状の構造を有する基板 6 5 を金型として用い、光硬化性樹脂等を用いた Z P 法やインジェクション法等の複製技術により回折光学素子 6 6 をレプリカとして製造する。このようにして、理想形状からの形状エラーの少ない、高精度な直角三角形ブレード形状の構造を有する不等周期回折光学素子が実現できる。

【 0 0 4 5 】

〔実施例 9〕

図 1 0 は実施例 9 として、回折光学素子を有する投影光学系の構成図を示す。球面または非球面の通常のレンズ群 7 1 に本実施例の回折光学素子 7 2 が組み込まれており、通常のレンズ群 7 1 の表面には反射防止膜が形成されている。回折光学素子 7 2 は通常のレンズ 7 1 と協同して光学系の色収差やサイデルの 5 収差等の各種収差を補正する。このような投影光学系は、各種カメラ、1 眼レフレックスカメラに取り付ける交換レンズ、複写機等の事務機、液晶パネル製造用の投影露光装置、I C、L S I 等の半導体チップ製造用の投影露光装置に用いられる。

【 0 0 4 6 】

〔実施例 1 0〕

図 1 1 は実施例 1 0 として、投影露光装置の構成図を示す。図 1 1 において、

露光光を供給する照明光学系 7 3、照明光学系 7 3 により照明されるマスク 7 4、マスク 7 4 に描かれたデバイスパターン像を投影する投影光学系 7 5、レジストが塗布されたガラス基板やシリコン基板 7 6 が配置されている。照明光学系 7 3 および投影光学系 7 5 に本実施例による回折光学素子が組み込まれており、照明光学系 7 3 や投影光学系 7 5 を構成するレンズの表面には反射防止膜が形成されている。

照明光学系 7 3 からの露光光はマスク 7 3 を照明し、投影光学系 7 5 によりマスク 7 4 に描かれたデバイスパターン像をガラス基板やシリコン基板 7 6 上に投影する。

【 0 0 4 7 】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明によれば、従来のリソグラフィ工程を用いて高精度な回折光学素子を形成することができ、製造のスループットを向上させ、形状の精度化を両立させることが可能となる。

また、本発明によれば、リソグラフィ工程を使いながらブレード形状を形成する際に、垂直部分が傾いてしまうエラーと、垂直部分でブレード面が途切れてしまうエラーを無くすることができる。

また、本発明によれば、ブレード形状の回折光学素子を容易に作成することができ、自由度の高い、高精度な回折光学素子を、高い生産性によって形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例 1 における製造工程を示す断面図。

【図 2】

本発明の実施例 4 における製造工程を示す断面図。

【図 3】

本発明の実施例 4 を説明するための図。

【図 4】

本発明の実施例 4 を説明するための図。

【図 5】

ブレース条件を説明するための図。

【図 6】

本発明の実施例 5 における製造工程を示す断面図。

【図 7】

本発明の実施例 6 における製造工程を示す断面図。

【図 8】

本発明の実施例 7 における反射型回折光学素子の断面図。

【図 9】

本発明の実施例 8 における回折光学素子の断面図。

【図 1 0】

本発明の実施例 9 における投影光学系の構成図。

【図 1 1】

本発明の実施例 1 0 における投影露光装置の構成図。

【図 1 2】

ブレース形状の形状エラーを説明するための図。

【図 1 3】

従来例の製造工程の断面図。

【図 1 4】

レジストパターン計算結果を示す図。

【符号の説明】

- 1 : ブレース格子を作製する石英基板
- 2 : クロム膜
- 3 : レジスト
- 4 : パターンを形成するリソグラフィ用マスク
- 5 : 露光光
- 6 : グレートーンマスク
- 7 : イオンビーム
- 8 : アルミ膜

1 0、2 0、3 0、8 0 : 石英基板

1 1、1 4、2 1、2 4、8 1 : レジスト

1 3 : 突起部

6 1 : 基板

6 2 : クロム層

6 3 : アルミニウム層

6 4 : 石英層

6 5 : 基板

6 6 : 回折光学素子

7 1 : レンズ群

7 2 : 回折光学素子

7 3 : 照明光学系

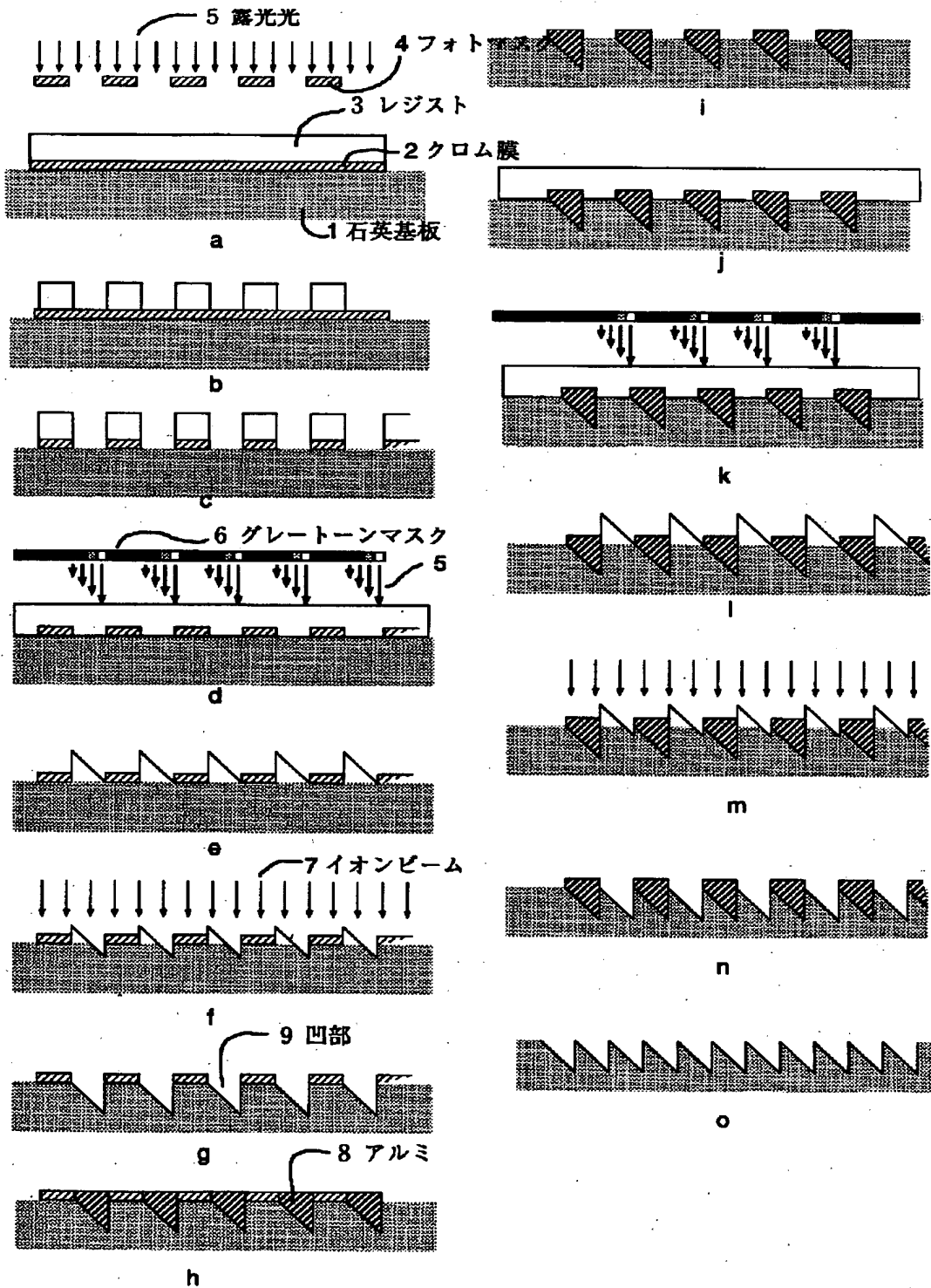
7 4 : マスク

7 5 : 投影光学系

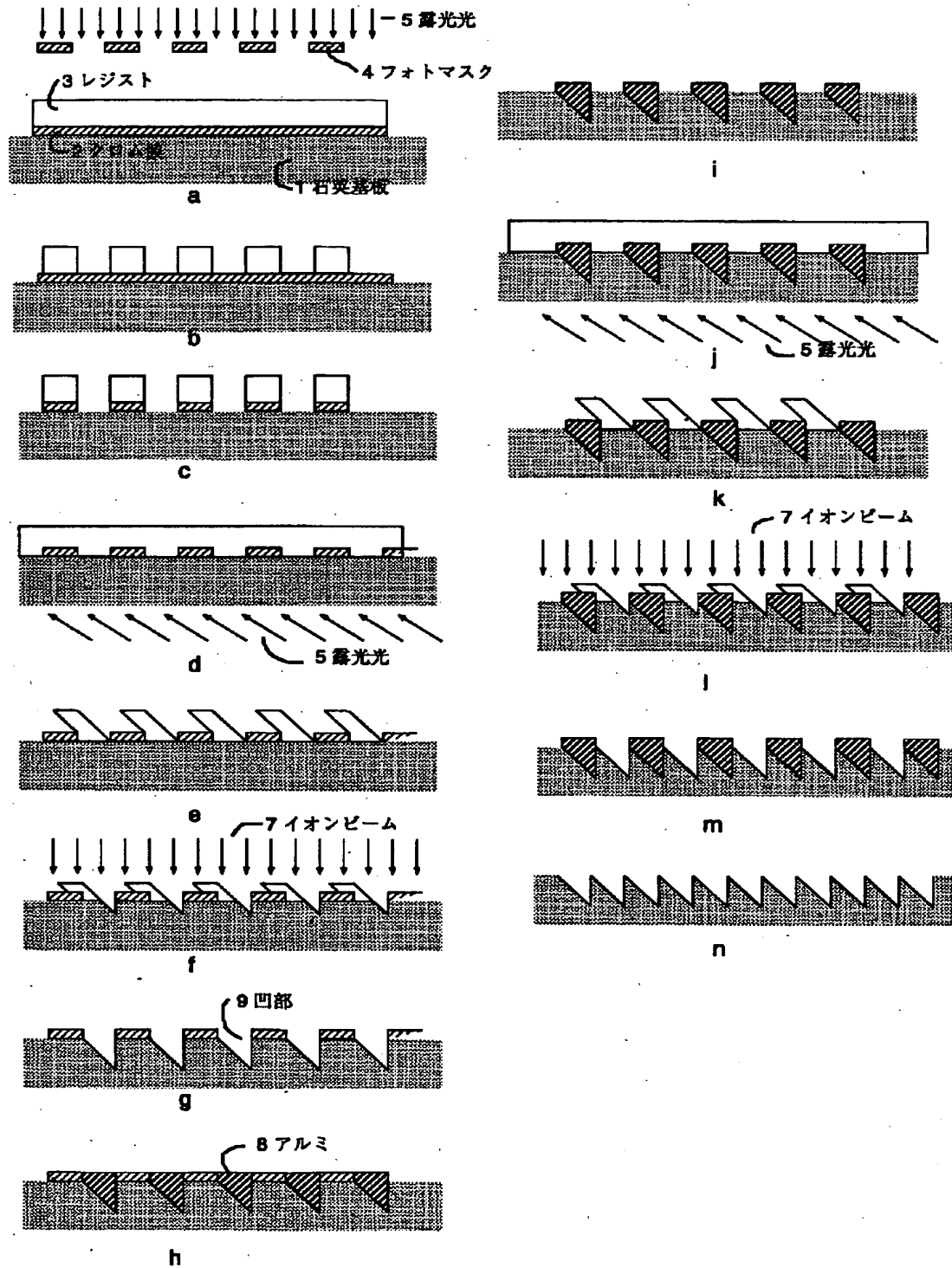
【書類名】

図面

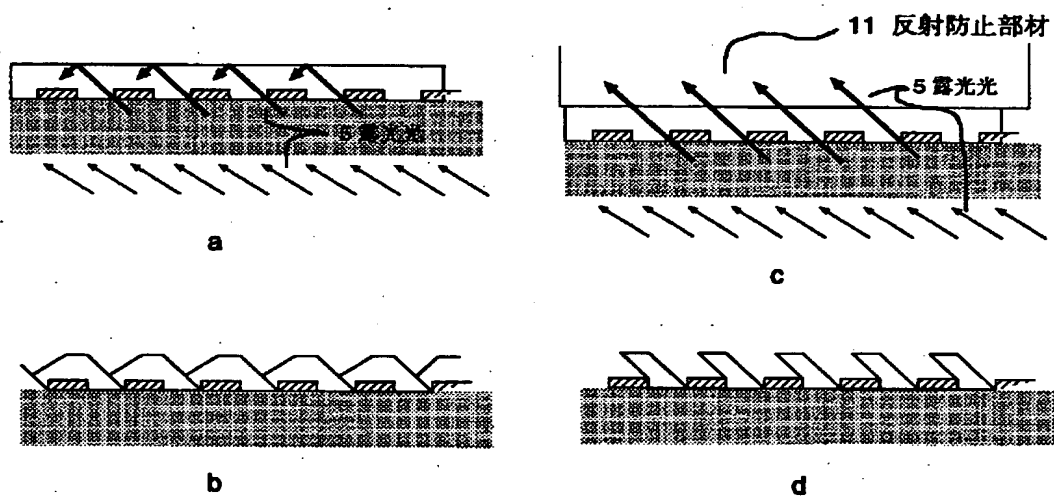
【図1】



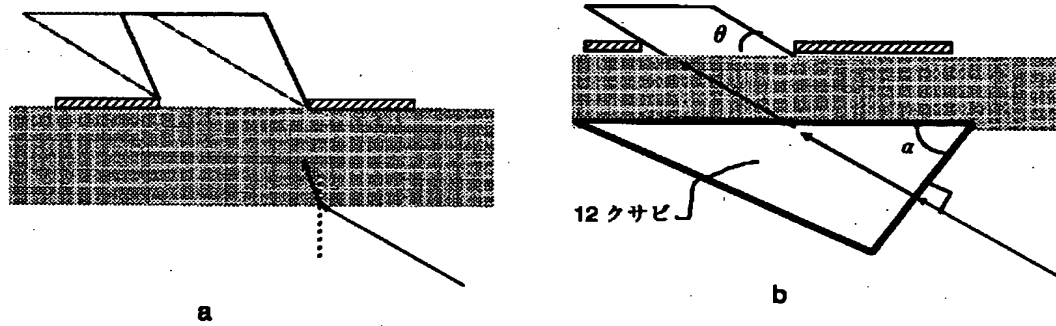
【図 2】



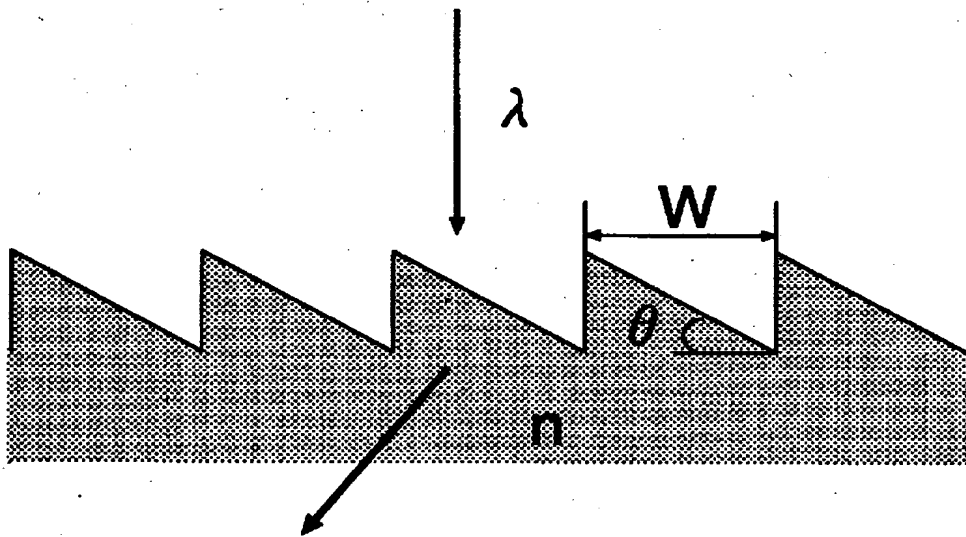
【図 3】



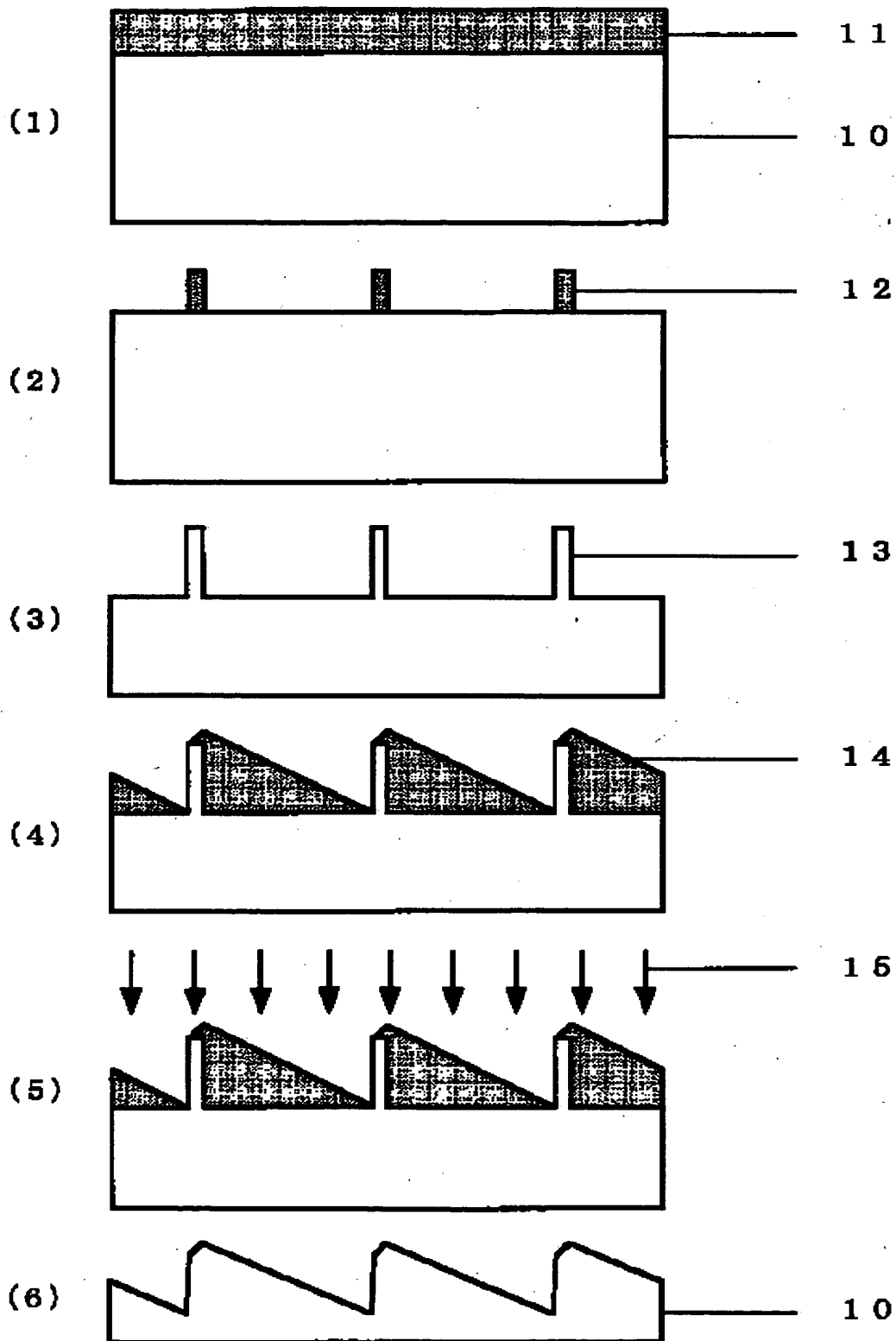
【図 4】



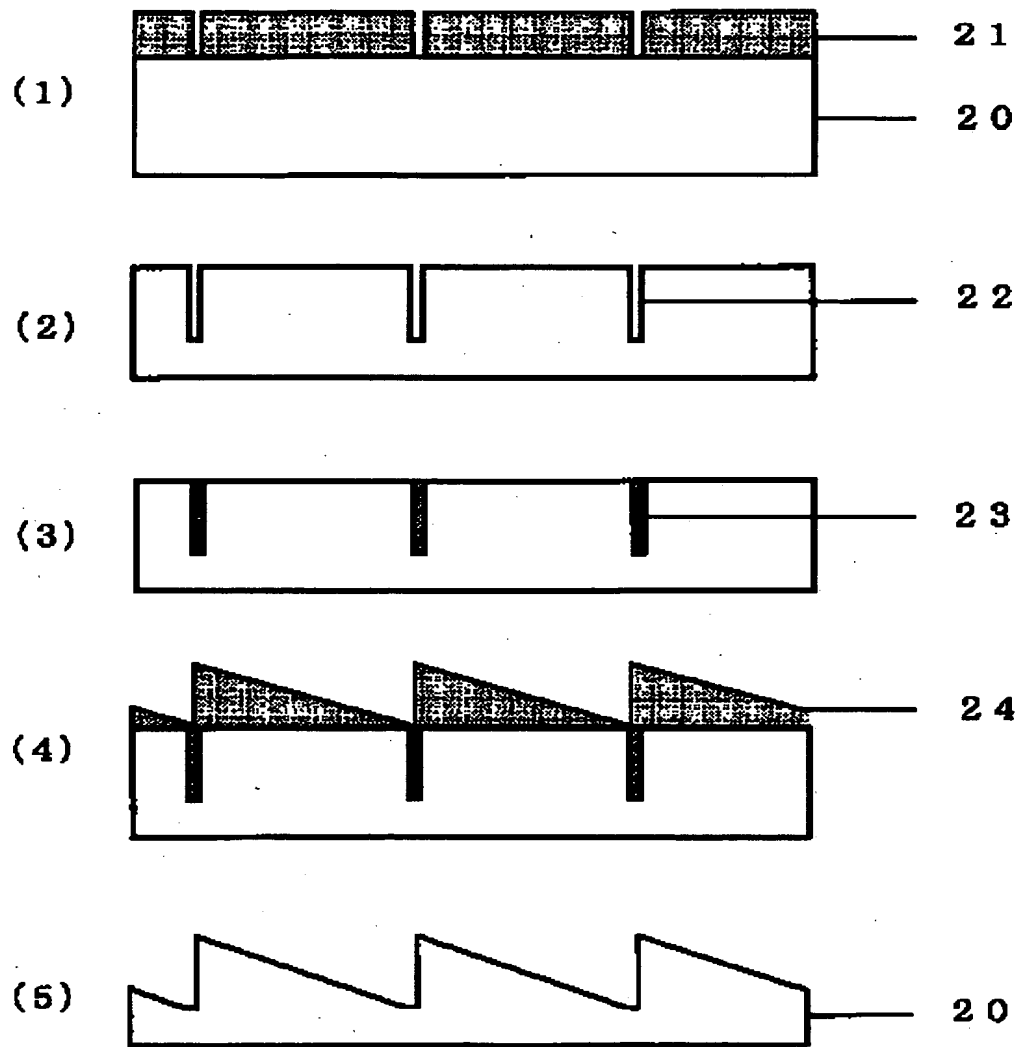
【図 5】



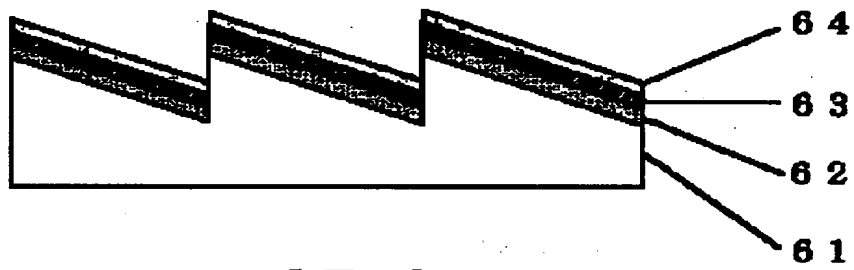
【図6】



【図 7】

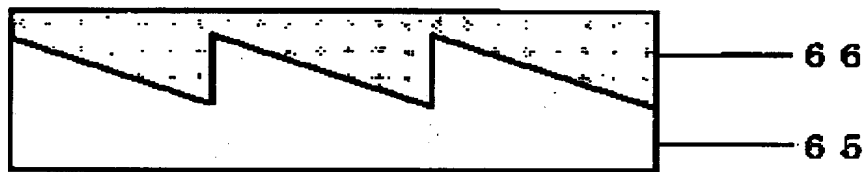


【 図 8 】

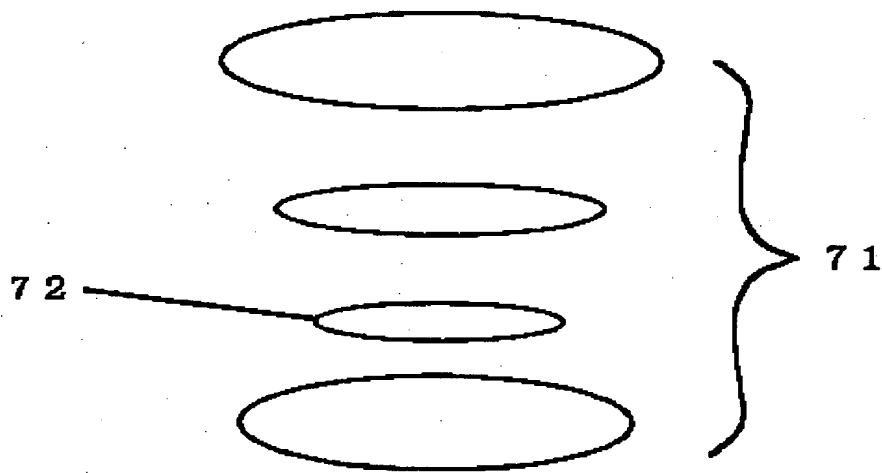


【 図 3 】

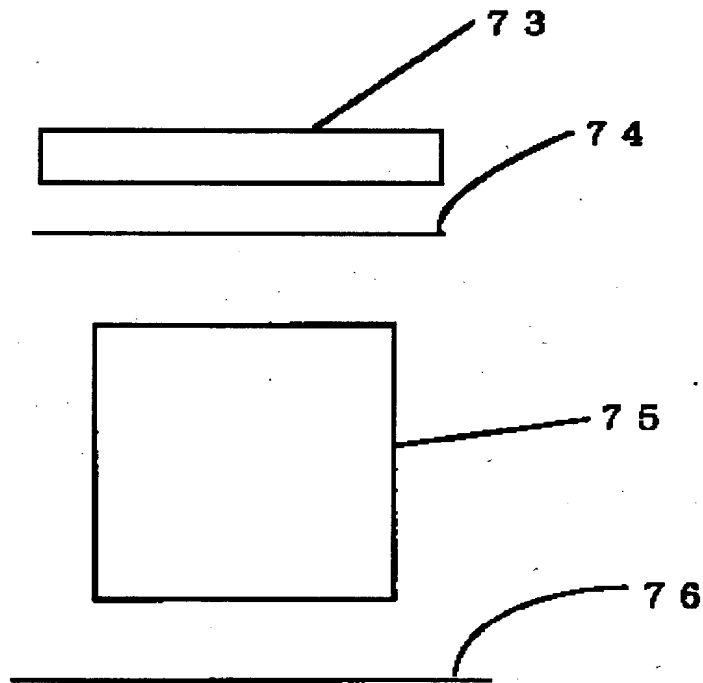
【図 9】



【図10】

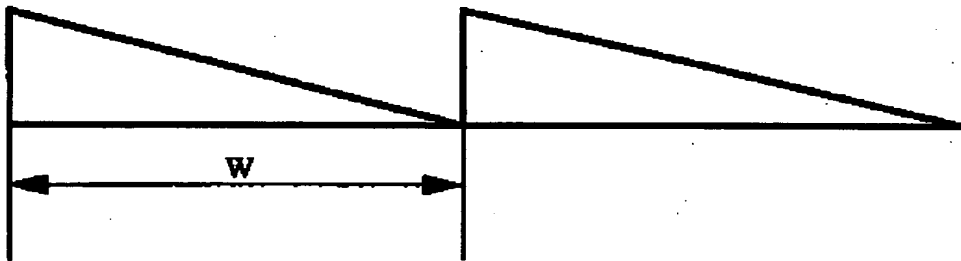


【図11】

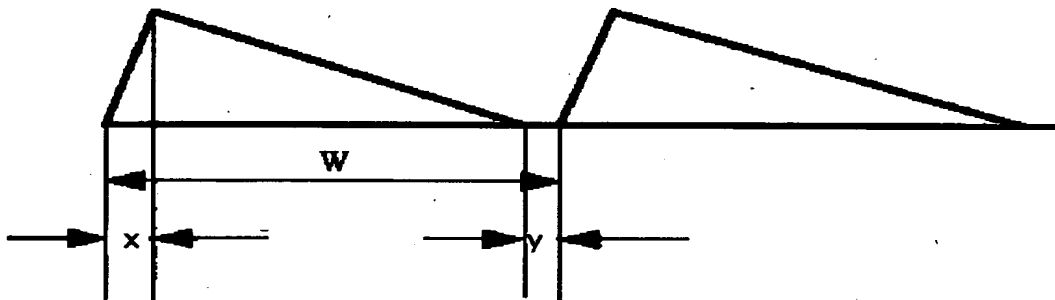


【図 1 2】

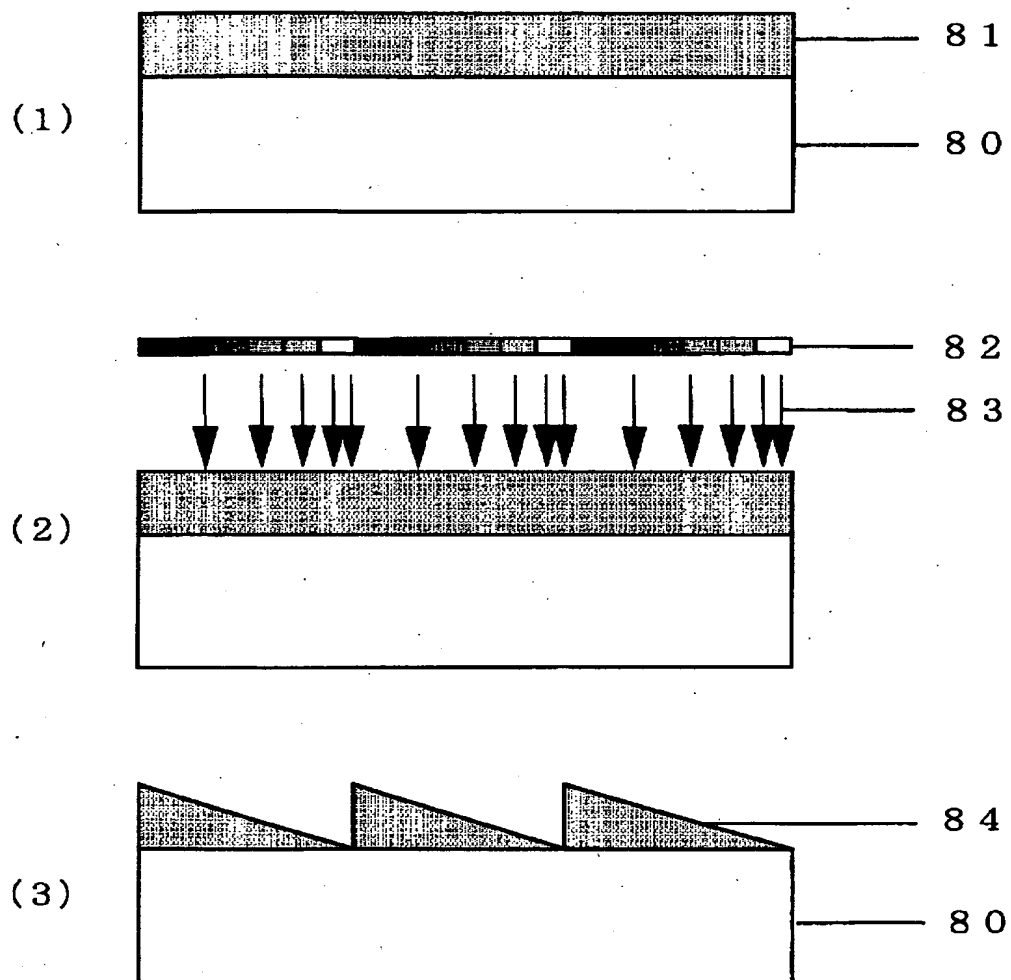
A (理想形状)



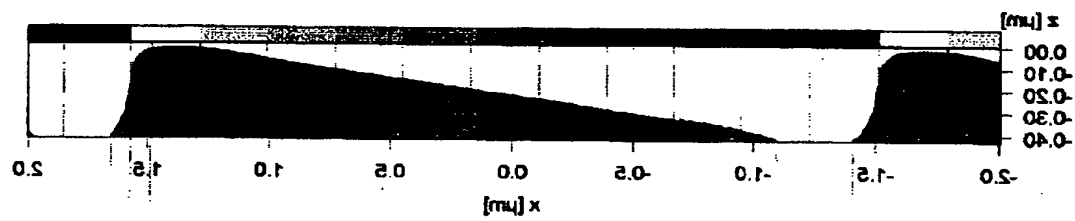
B (エラー形状)



【図 13】



【図14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精度な回折光学素子を形成することができ、短時間かつ低価格で安定して製造可能な回折光学素子の製造方法、回折光学素子の製造方法によって製造したことを特徴とする回折光学素子製造用金型、回折光学素子、および該回折光学素子を有する光学系等を提供する。

【解決手段】 マスクパターンを被加工物に転写して回折光学素子を形成する回折光学素子の製造方法において、前記回折光学素子の垂直部分の形状を、第一のマスクを用いて形成すると共に、前記回折光学素子の斜面部分の形状を、前記第一のマスクで規定された加工領域内に第二のマスクを用いて形成する。

【選択図】 図 1

職権訂正履歴（職権訂正）

特許出願の番号	特願2000-389978
受付番号	50001656925
書類名	特許願
担当官	大畑 智昭 7392
作成日	平成13年 1月 9日

<訂正内容1>

訂正ドキュメント

明細書

訂正原因

職権による訂正

訂正メモ

【請求項32】を下記のとおり訂正しました。

訂正前内容

【請求項32】

訂正後内容

【請求項32】

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-389978
受付番号	50101761732
書類名	手続補正書
担当官	内山 晴美 7545
作成日	平成13年12月 6日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年11月30日
【補正をする者】	
【識別番号】	000001007
【住所又は居所】	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
【氏名又は名称】	キャノン株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100105289
【住所又は居所】	東京都港区高輪1丁目5番33号 高輪パークマ ンション708号室 長尾特許事務所
【氏名又は名称】	長尾 達也

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キヤノン株式会社